



## Impact du changement de l'utilisation des terres sur la biodiversité de la faune du sol: le cas du Morvan

Florence Dubs, Guillaume Boulanger, Yves Auda, Eric Fedoroff, Jean-François Ponge, Patrick Lavelle

### ► To cite this version:

Florence Dubs, Guillaume Boulanger, Yves Auda, Eric Fedoroff, Jean-François Ponge, et al.. Impact du changement de l'utilisation des terres sur la biodiversité de la faune du sol: le cas du Morvan. Sylvie Vanpeene-Bruhier. Évaluation des risques environnementaux pour une gestion durable des espaces, CEMAGREF, pp.83-89, 2003, 2-85362-621-0. hal-01097077

**HAL Id: hal-01097077**

**<https://hal.science/hal-01097077>**

Submitted on 18 Dec 2014

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Impact du changement de l'utilisation des terres sur la biodiversité de la faune du sol : le cas du Morvan

## *Impact of land use change on soil fauna biodiversity: the Morvan case*

Florence DUBS<sup>1</sup>, Guillaume BOULANGER<sup>1</sup>, Yves AUDA<sup>2</sup>, Eric FEDOROFF<sup>3</sup>, Jean-François PONGE<sup>4</sup>, Patrick LAVELLE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UMR 137 BioSol. IRD - Centre Ile de France / Universités de Paris VI, VII et XII. 32, Avenue Henri de Varagnat, 93143 Bondy Cedex

Tél. : 01 48 02 59 62 - Fax : 01 48 47 30 88 - [dubs@bondy.ird.fr](mailto:dubs@bondy.ird.fr)

<sup>2</sup> CESBIO – LADYBIO. BPI 2801, 31041 Toulouse Cedex 4 - France

<sup>3</sup> Conservatoire Botanique National du Bassin Parisien, Muséum National d'Histoire Naturelle. Maison du Parc, 58230 Saint-Brisson - France

<sup>4</sup> CNRS UMR 8571, Muséum National d'Histoire Naturelle, 4, Avenue du Petit-Château. 91800 Brunoy - France

### **Résumé**

Les changements de biodiversité se placent au cœur des problématiques des changements globaux. L'intensification et le changement d'usage des terres sont devenus des préoccupations constantes pour les décideurs politiques et l'évaluation du risque de perte en biodiversité, lié à la transformation des paysages. L'impact de l'intensification de l'usage du sol sur la faune du sol reste encore peu étudié. Celle-ci joue cependant un rôle important dans le fonctionnement du sol (recyclage de la matière organique, structuration du sol) et contribue à la fourniture de services écosystémiques (comme la séquestration de carbone). Cette étude mesure l'impact de l'intensification d'usage du sol sur la diversité biologique du sol le long d'un gradient d'intensification des pratiques agricoles dans le Nord du parc naturel régional du Morvan (centre-est de la France). sur les usages du sol. Il se compose de 6 fenêtres paysagères d'un km<sup>2</sup> distribuées depuis des paysages forestiers (semi-naturel et artificiel) à des paysages agricoles de plus en plus intensifs (clairière agricole en forêt, mosaïque agricole mixte, mosaïque prairiale et mosaïque céréalière). Les composantes de la diversité biologique du sol mesurées sont les carabes, la macrofaune du sol et les collemboles. Les échantillons de ces taxa sont spatialement emboîtés et distribués sur une même grille d'échantillonnage dans les six fenêtres paysagères.

L'analyse portera sur une identification hiérarchique des facteurs environnementaux majeurs déterminant les variations de ces jeux de données en prenant en compte trois niveaux d'analyse spatiale : le point d'échantillonnage, le pattern des habitats dans un rayon de 100 m et le pattern des fenêtres paysagères.

La discussion portera sur l'impact de l'anthropisation sur la faune du sol et de ces implications en terme de fonctionnement écologique.

### **Abstract**

*Biodiversity loss is now cause for global concern and its assessment is an important challenge for biologists, policy makers and stakeholders. The impact of land-use change on soil fauna is poorly studied at the landscape level, despite the proven role of this fauna on soil functioning. This impact is measured on biodiversity of ground beetles, collembolans and soil macrofauna along a land-use gradient in Morvan (eastern central France). The*

*land-use gradient was observed through six 1 km<sup>2</sup> landscape windows from forest to agricultural mosaic, within each of which sampling was made on a regular grid of 16 points. The three faunal groups were sampled in a hierarchically nested design at each point. Analysis will identify factors determining soil biodiversity by considering soil characteristics, vegetation patterns around sampling points, and landscape diversity within each landscape window. Impact on land use change on soil fauna and potential implication on ecological functioning will be discussed.*

**Mots-clés** : changement d'utilisation du sol, paysage, biodiversité, faune du sol, analyse hiérarchique.

**Keywords**: *land use change, landscape, biodiversity, soil fauna, hierarchical analysis.*

## Introduction

L'importance de la biodiversité est reconnue (Rio, 1992). La société civile s'est engagée à oeuvrer pour une diminution significative du taux d'extinction des espèces menacées (Johannesburg, 2002). La perte de biodiversité est l'un des principaux facteurs de dégradation des services écosystémiques ('*ecosystem services*') et de perte de résilience des écosystèmes (Chapin *et al.*, 2000). Un nombre croissant d'études montre que la fertilité durable des sols dépend des interactions entre la végétation et la faune du sol (Lavelle et Spain, 2001). En dépit de son importance pour le fonctionnement des écosystèmes, la faune du sol a été jusqu'ici ignorée dans la plupart des inventaires et des programmes de conservation et de gestion de la biodiversité.

Les activités humaines ont déjà transformé la majeure partie de la surface de la terre. L'intensification (augmentation des intrants : fertilisants, pesticides et simplification des systèmes agricoles) et l'extensification (augmentation de la surface exploitée) des utilisations du sol sont les premiers moteurs des changements du paysage. Sous l'effet de l'intensification, l'érosion, la compaction du sol et la perte de matière organique entraînent une perte de la qualité du sol (Stoate *et al.*, 2001). Cependant le manque de données quantitatives sur la faune du sol dans des paysages soumis à différents degrés d'intensification d'usage du sol a longtemps empêché de mesurer son impact sur la diversité animale du sol. Connaître les relations empiriques entre les patrons de paysage et la distribution des espèces doit permettre de mieux comprendre et de prédire les changements de la biodiversité de la faune du sol en fonction de l'intensification de son usage.

Les explications actuelles des relations entre la biodiversité et le fonctionnement du sol se focalisent sur les processus locaux influençant les interactions entre les individus et entre les populations (spécialisations trophiques, différences dans l'utilisation des ressources, régulation de la densité par les conditions du sol, ségrégation spatiale et temporelle)

Déterminer les causes de changement de biodiversité requiert de relier les échelles auxquelles les changements de biodiversité sont observés aux échelles auxquelles les facteurs contrôlant la diversité biologique opèrent vraiment (Huston, 1999).

L'échelle de la perturbation, les mosaïques d'habitat (surface et distance au plus proche voisin), la spécialisation de certaines espèces pour un certain type d'habitat ainsi que les capacités de dispersion doivent être analysées pour relier plus clairement la distribution de la diversité et les effets des changements d'utilisation du sol à l'échelle des paysages.

La distribution des espèces est considérée ici comme la résultante des interactions entre le type et la structure des habitats, les préférences en habitat, les capacités de dispersion et l'histoire du paysage.

Ponge *et al.* (2003) montrent que les collemboles répondent négativement à l'intensification des usages du sol dans nos sites d'étude. Cependant il n'est pas possible d'extrapoler, à l'ensemble de la faune du sol, des résultats obtenues avec l'un des taxa la composant.

## 1. Objectifs

Nous voulons tester l'hypothèse que l'assemblage d'espèces est une fonction de la mosaïque d'utilisation du sol et que la perception de l'intensification des usages du sol par sa faune dépend de l'échelle spatiale à laquelle nous faisons cette analyse.

La mesure de l'impact de l'intensification des usages du sol sur sa diversité animale est faite le long d'un gradient d'intensification choisi pour illustrer les conséquences des orientations des politiques sectorielles sylvicoles et agricoles sur les usages du sol. Ce gradient se compose de 6 fenêtres paysagères d'1 km<sup>2</sup> distribuées depuis des paysages forestiers (semi-naturels et artificiel) à des paysages agricoles de plus en plus intensifs (clairière agricole en forêt, mosaïque agricole mixte, mosaïque prairiale et mosaïque céréalière).

L'analyse porte sur l'identification des facteurs environnementaux majeurs, déterminants les variations des jeux de données collectées sur la faune du sol, et leur hiérarchie, en prenant en compte trois niveaux d'analyse spatiale : i) le point d'échantillonnage, ii) un cercle de 100 m entourant le point d'échantillonnage et iii) une fenêtre de 1 km<sup>2</sup> dans laquelle se trouve ce point. La discussion portera sur l'impact de l'anthropisation sur la faune du sol et de ses implications en terme de fonctionnement écologique.

Cette étude bénéficie d'un jeu de données récolté dans le projet européen BioAssess '*Biodiversity Assessment Tools*' du 5<sup>ème</sup> PCRD. L'identification des espèces, échantillonnées en 2001 et en 2002, est terminée. La description des sites et l'analyse des images satellitales sont faites. Les analyses sont en cours.

## 2. Matériels et Méthodes

### 2.1 Sites d'étude

Le site d'étude est localisé dans le nord du parc naturel régional du Morvan (centre-est de la France).

Les 6 fenêtres paysagères d'1 km<sup>2</sup> représentent les divers niveaux d'un gradient d'intensification d'un sol identique (sol brun acide sur substrat granitique) :

- Fenêtre 1 : hêtraie - chênaie à houx,
- Fenêtre 2 : plantation de sapin pectiné,
- Fenêtre 3 : clairière agricole en forêt,
- Fenêtre 4 : mosaïque agricole mixte,
- Fenêtre 5 : mosaïque prairiale,
- Fenêtre 6 : mosaïque agricole céréalière.

## 2.2 Echantillonnage de la faune

La faune du sol considérée est composée des collemboles (mésafaune) et de la macrofaune du sol (groupes d'espèces peu mobiles dont plus de 90% des individus sont visibles à l'œil nu) hypogée et de litière. Les carabes sont considérés à part à cause de leur mobilité qui ne permet pas de les récolter avec la même méthode que le reste de la macrofaune.

Ces trois taxa ont été échantillonnés, en 2001 et 2002, selon des relevés spatialement emboîtés et distribués sur une même grille d'échantillonnage régulière de 16 points pour chacune des six fenêtres paysagères.

Les collemboles sont échantillonnés par prélèvement de litière et de sol à l'aide d'un cylindre de 5 cm de diamètre sur 10 cm de profondeur et extraits au laboratoire par la méthode '*dry funnel*'. Les carabes sont échantillonnés avec 4 pièges d'interception pour chaque point d'échantillonnage, pendant 10 semaines. La macrofaune du sol est échantillonnée dans un monolithe de 25 x 25 cm sur 15 cm de profondeur après deux applications de formol à 0,2%. Auparavant, la litière, si elle est présente, a été soigneusement triée à la main sur le terrain. Après extraction des vers de terre par le formol à 0,2%, le monolithe de sol est soigneusement trié sur le terrain pour en prélever la faune hypogée non extraite par le formol.

## 2.3 Description environnementale

Chaque point d'échantillonnage est caractérisé en détail par le sol (pente, orientation, type de sol, type d'humus, pH, texture, humidité, profondeur de matière organique, teneur en C et N), le type d'habitat (code Corine Biotopie Habitat, diversité structurelle), la stabilité du paysage (histoire des changements d'utilisation du sol survenus dans les 50 dernières années) et les pratiques agricoles (type de culture et type de gestion).

Une cartographie de la végétation est faite à partir de la composition colorée issue de l'analyse des images satellitaires IRS (août 2000) et Landsat TM (juillet 2001). La fusion d'image permet d'améliorer la résolution de l'image Landsat TM (30 m) au niveau de celle de l'image d'IRS (5 m) en utilisant une transformation IHS/RGB. Après fusion, l'image Landsat TM (canaux 2, 3 et 4 associés aux canaux rouge, vert et bleu) est transformée dans le système IHS. Le canal d'intensité est alors remplacé par le canal à haute résolution de l'image IRS et l'image est transformée dans le système de couleur RGB.

La connaissance botanique du site d'étude a permis d'identifier, sur la composition colorée de cette image fusionnée, 15 classes phytosociologiques de végétation et

une classe eau libre : A. forêt de feuillus ouverte ; B. forêt de feuillus fermée : canopée dense et haute densité d'arbres ; C. forêt de conifères ouverte (vieille forêt) ; D. forêt de conifères fermée ; D3. forêt de conifères sur sol hydrophile ; E. lisère forestière ; F. prairie pâturée ; G. prairie fauchée ; H. prairie non fauchée lors de la prise de l'image ; I. prairie hydrophile para-tourbeuse ; J. culture céréalière ; K. sol nu (culture moissonnée ou versée) ; L. jachère hétérogène ; M. jachère herbacée ; N. boisement complexe sur sol humide ; O. eau libre (lac, étang). La cartographie de la végétation est faite par une classification automatique supervisée basée sur des sites d'entraînement. Il faut noter ici que cette classification, plus ou moins précise selon la végétation visible par Landsat TM lors de la prise de l'image, est complétée par la caractérisation de l'habitat suivant la nomenclature Corine Biotope Habitat ainsi que par le type de culture et le type de gestion au point d'échantillonnage, afin de compléter l'analyse de l'influence des patrons de végétation par la nature de l'habitat et son degré d'intensification (ces deux dernières informations n'étant pas accessibles depuis un satellite). A partir des cartes de végétation obtenues, la quantification des patrons de ces types physiologiques autour de chaque point d'échantillonnage (dans un cercle de 100 m) et dans chaque fenêtre d'1 km<sup>2</sup> est faite avec le logiciel Fragstats (McGarigal et Marks, 1995).

## **2.4 Analyse statistique**

Les analyses de correspondance canonique (Ter Braak, 1996) permettent d'intégrer les influences d'auto corrélation spatiale et temporelle dans un cadre hiérarchique. Cela les rend extrêmement attractives comme outil d'analyse de données écologiques multi-échelles, spatialement dépendantes et structurées temporellement. Cette méthode permet de décomposer la variation expliquée par les variables environnementales spatiales et temporelles et de la hiérarchiser en utilisant une série de techniques d'ordination canonique partielles. La signification statistique des variables explicatives est déterminée par les tests de permutation de Monte Carlo.

La réponse de la biodiversité aux changements d'utilisation du sol est caractérisée par l'analyse hiérarchique des facteurs environnementaux actifs à des niveaux d'organisation spécifiques (point d'échantillonnage, cercle de 100 m de diamètre autour du point, et fenêtre d'1 km<sup>2</sup>). Ces analyses permettent aussi d'ordonner les facteurs par l'importance de leur impact sur la distribution de la biodiversité de la faune du sol.

## **3. Résultats attendus**

La théorie hiérarchique (Allen et Starr, 1982) et l'hypothèse des diversités emboîtées (Lavelle, 1996) postulent que chaque niveau d'organisation d'un système est contraint par les niveaux supérieurs. On peut s'attendre à ce que la distribution des organismes du sol soit déterminée par une hiérarchie de facteurs qui opèrent à différentes échelles depuis la mosaïque paysagère jusqu'au point d'échantillonnage.

La suppression de la litière à la surface du sol élimine la riche faune d'arthropodes qui y vit. Le labour élimine les vers de terre, en particulier les anéciques de grande taille (Lavelle et Spain, 2001). On peut s'attendre à ce que les espèces de faune du sol répondent différemment à l'intensité de l'utilisation du sol, suivant le mode de gestion impliqué.

A l'intérieur de la faune du sol, certaines espèces sont plus mobiles et certaines plus spécialistes. On peut s'attendre à ce que les espèces plus mobiles et moins spécialistes augmentent avec l'intensification du sol et inversement. Enfin, on peut s'attendre également à ce que la biodiversité soit plus grande dans des mosaïques agricoles peu intensives et hétérogènes et moins grande dans des mosaïques plus intensives et homogènes.

## Conclusion

Cette analyse permettra de progresser dans la compréhension des relations entre la composition des peuplements de la faune du sol et les changements d'utilisation du sol en recherchant comment des facteurs hiérarchiquement emboîtés contrôlent la biodiversité de la faune du sol. Elle pourra ensuite être utilisée comme base pour l'élaboration d'un modèle statique et probabiliste, reliant statistiquement la distribution des espèces à leur environnement, à l'échelle de l'habitat et du paysage.

Par sa dimension paysagère (échelle à laquelle les parties concernées et les gestionnaires agissent), cette étude contribuera donc, à son niveau, au débat social et politique sur les changements d'usage du sol.

Finalement, en hiérarchisant spatialement les facteurs environnementaux contrôlant la biodiversité du sol, cette analyse contribuera à éclairer une des grandes questions actuellement posées en écologie : Quel patron du paysage permet à des groupes d'espèces de se maintenir face aux perturbations, liées aux changements d'usage, touchant l'écosystème sol ? (Wolters, 2001). Cette connaissance, à terme, servira de base pour maintenir un niveau souhaité de diversité biologique et, par conséquent, un niveau de services écosystémiques dans des paysages soumis à activité humaine.

## Bibliographie

- Allen T. F. H., Starr T. B., 1982. *Hierarchy : perspectives for ecological complexity*. The university of Chicago Press. 310 p.
- Chapin F. S., Zavaleta E. S., Eviner V. T., Naylor R. L., Vitousek P. M., Reynolds H. L., Hooper D. U., Lavorel S., Sala O. E., Hobbie S. E., Mack M. C., Diaz S. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature*. 405 : 234-242.
- Huston M. A., 1999. Local processes and regional patterns : appropriate scales for understanding variation in the diversity of plants and animals. *Oikos*. 86 : 393-401.
- Lavelle P. 1996. Diversity of Soil Fauna and Ecosystem Function. *Biology International* 33 : 3-16.

- Lavelle P., Spain A. V., 2001. *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers. 654 p.
- McGarigal K., Marks B. J., 1995. *Fragstats : spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. Gen; Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portlan, OR: U.S. Departement of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 122 p.
- Ponge J. F., Gillet S., Dubs F., Fedoroff E., Haese L., Sousa J. P., Lavelle P., 2003. Collembolan communities as bioindicators of land use intensification. *Soil Biology and Biochemistry*. 35 : 813-826.
- Stoate C., Boatman N. D., Borralho R. J., Carvalho C. R., de Snoo G. R., Eden P., 2001. Ecological impacts of arable intensification in europe. *Journal of Environmental Management*. 63 : 337-365.
- Ter Braak C J., 1996. *Unimodal models to relate species to environment*. DLO-Agricultural Mathematics Group, Wageningen. 266 p.
- Wolters V., 2001. Biodiversity of soil animals and its function. *European Journal of Soil Biology*. 37 : 221-227.



